

A. Regent*

ISTRAŽIVANJE POŽARNE SIGURNOSTI SPREMNIKA NAFTE I DERIVATA U REPUBLICI HRVATSKOJ

UDK 614.84:622.323](497.5)

PRIMLJENO: 22.11.2018.

PRIHVAĆENO: 27.5.2019.

Ovo djelo je dano na korištenje pod Creative Commons Attribution 4.0 International License



SAŽETAK: *Odjeljak Gašenje požara i hlađenje nadzemnih spremnika hrvatskog Pravilnika o zapaljivim tekućinama (PZT) u neskladu je s europskim i američkim normama i preporukama koje se odnose na ovo područje zaštite od požara. PZT objavljen je još 1999. godine, no ni u trenutku objavljivanja nije bio u skladu s tada u svijetu postojećim preporukama i dobrom tehničkom praksom. U međuvremenu su korištenjem zahtjeva iz PZT-a izrađeni mnogi projekti i izgrađeni sustavi vatrozaštite spremnika nafte i derivata kako u RH, tako i u susjednim zemljama, mahom nastalima raspadom SFRJ. Vrijednost takvih sustava i njihova očekivana učinkovitost u slučaju buknuća požara je upitna. U radu su prikazane bitne razlike između PZT-a te europske i hrvatske norme Stabilni protupožarni sustavi - Sustavi s pjenom - 2. dio: Projektiranje, izvedba i održavanje, kao i neke razlike u odnosu na odgovarajuću američku normu Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam. NFPA 11 je od 1922. doživjela više od 20 izdanja i od tada se uobičajeno koristila kao osnova za izradu odgovarajućih normi u cijelome svijetu. Glede zahtjeva za gašenje i hlađenje nadzemnih spremnika, konzultirani su relevantni i u svijetu priznati standardi API, kao i relevantne europske publikacije i preporuke. Odjeljak Gašenje požara i hlađenje nadzemnih spremnika hrvatskog PZT-a je pogrešno koncipiran, sadrži zahtjeve za sustave pjene koji su nedovoljno precizni ili čak pogrešni, te prenaglašava zahtjeve za hlađenjem vodom. Predlaže se njegovo povlačenje i zamjena s normama HRN EN 13565-2:2009 i HRS CEN/TS 14816:2018 Stabilni protupožarni sustavi – Sustavi raspršene vode – Projektiranje, ugradnja i održavanje. Ujedno se predlaže revizija projekata svih izvedenih sustava za gašenje požara pjenom i hlađenje nadzemnih spremnika zapaljivih tekućina napravljenih prema PZT-u, jer izvedeno stanje u mnogim slučajevima ne jamči dovoljnu razinu zaštite u slučaju požara. Uz to bi bilo uputno provjeriti dimenzije sabirnih prostora, koji su uglavnom predviđeni samo za prihvrat sadržaja spremnika, bez uzimanja u obzir volumena rashladne i oborinske vode kao i vatrogasne pjene.*

Ključne riječi: *Pravilnik, zapaljive tekućine, spremnici, zaštita od požara, vatrogasna pjena*

UVOD

Političko opredjeljenje svijeta očito traži smanjenje potrošnje fosilnih goriva. Unatoč tomu, svjedoci smo intenzivne izgradnje novih spremnika za sirovu naftu i derivate u RH i u okruženju, kao i rekonstrukcije postojećih. *Pravilnik o zapaljivim tekućinama (PZT)* objavljen je još 1999. godine i od tada se njegov odjeljak *III. 6.8. Gašenje*

požara i hlađenje nadzemnih spremnika redovito koristi pri projektiranju i izvedbi takvih sustava. Odjeljak sadrži svega 13 članaka, a ispunjavanje tih zahtjeva trebalo bi jamčiti zadovoljavajuću razinu vatrozaštite. Za razliku od toga, norma HRN EN 13565-2:2009 (2011.) ima 50 stranica, a američki NFPA 11:2016 čak 104 stranice. Zahtjevi iz PZT-a koriste se i u Hrvatskoj susjednim zemljama, mahom nastalima raspadom SFRJ, koje nemaju vlastite obvezujuće propise za ovu vrstu vatrozaštite. Tehnički zahtjevi za vatrozaštitu u PZT-u su manjkavi, djelomice nejasni, a djelo-

*Doc. dr. sc. Aleksandar Regent, dipl. ing. str., (regent@tehprojekt.com), Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, OTS, Zagrebačka 13, HR-52100 Pula, predsjednik HZN/TO 21Protupožarna i vatrogasna prema.

mice pogrešni. Ipak, kod projekatata, korisnika i inspeksijskih tijela stvaraju predodžbu da su spremnici koji su na taj način zaštićeni dovoljno sigurni. Izgradnja stabilnih vatrozaštitnih instalacija koje udovoljavaju zahtjevima suvremenih europskih i svjetskih normi i preporuka je skupa. Izgradnja stabilnih instalacija koje udovoljavaju *PZT-u* je također skupa, no razina postignute sigurnosti je nedovoljna. Činjenica je da su veliki požari velikih nadzemnih spremnika rijetki; prosječan broj požara spremnika u svijetu, dovoljno velikih da bi se pojavili u medijima javnog priopćavanja, je 15-20 godišnje, a najveći dosad ugašeni spremnik imao je promjer od 82,4 m (*Persson, Lönnermark, 2004.*). Posljednjih 20-ak godina u RH i regiji nije bilo požara na kojima bi se mogli uočiti nedostaci sustava projektiranih i izvedenih prema zahtjevima *PZT-a*, što korisnicima daje lažno uvjerenje sigurnosti. Dojam autora je da su i projektanti i korisnici, a posebno poslovodstva korisnika, nedovoljno upoznati sa suvremenim europskim i svjetskim standardima i preporukama, tako da se pri postavljanju projektnog zadatka i izradi projekata oslanjaju gotovo isključivo na zahtjeve *PZT-a*. Iako se zapravo sve stabilne protupožarne instalacije (sprinkler sustavi, sustavi vodene magle itd.) rijetko upotrebljavaju za stvarno gašenje požara, te se mnoge od njih niti jednom tijekom vijeka trajanja ne aktiviraju za stvarno gašenje požara, bitno je osigurati da njihovo djelovanje u trenutku potrebe, pri incidentu, bude ispravno i uspješno. U protivnom je novac uložen u njihovu izgradnju i održavanje promašena investicija, a posljedice mogu biti teške. Budući da nepoznavanje standarda i preporuka nije prihvatljivo kao opravdanje, odgovornost za posljedice eventualnog katastrofalnog incidenta ostaje na poslovodstvima operatera. Jasno je da nijedna stabilna instalacija ne može jamčiti uspješno gašenje pri svakom incidentu, no ako se instalacija temelji na netočnim projektnim parametrima i na pogrešnoj koncepciji, vjerojatnost neuspješnog ishoda je signifikantno veća. Pri gašenju požara zapaljivih tekućina, posebno velikih spremnika, treba poštovati i jednu specifičnost koju ističu sve relevantne svjetske upute: ne započinjati gašenje ako na raspolaganju nema dovoljno sredstava (vode, pjenila itd.), opreme za gašenje i osoblja. Neuspješna akcija gašenja požara zapaljive tekućine predstavlja samo trošenje resursa, jer će nakon takve akcije situacija biti ista kao na početku (*API 2021-2001,*

Shelley, 2008., Home Office..., 2005.), a sredstva za gašenje bit će potrošena. Za razliku od drugih vatrogasnih intervencija, kod velikih količina zapaljive tekućine nije moguće djelomično gašenje. Zahtjevi *PZT-a* za sustave gašenja i hlađenja su strogi i nerealni, a ocjena potreba na osnovi analiza požarnih scenarija, što bi trebala biti osnova svakog projekta, nije uopće predviđena. U radu se ne analizira čitav *PZT*, nego samo odjeljak III.6.8., a zbog jednostavnosti, analiza je ograničena na naftu i derivate nafte, tj. na ugljikovodike koji se ne miješaju s vodom. Također, komentirani su samo zahtjevi koji odstupaju od HRN EN 13565-2:2009 (*2011.*) i drugih izvora, a nisu komentirani manjkavi zahtjevi u *PZT-u*, jer bi to premašilo opseg rada prikladan za objavljivanje.

ANALIZA PRAVILNIKA

Općenito

PZT poziva se na norme za sustave pjene *HRN DIN 14493 dio 1, 2, 3 i 4* i *HRN DIN 14495* za sustave za hlađenje koje su odavno povučene. Ove DIN norme objavljene su još 1977. godine. Godine 2002. objavljena je nova norma za sustave teške i srednje pjene *DIN 14493-100*. Nakon toga je 2009. godine objavljena europska norma za sustave pjene *EN 13565-2:2009/AC:2010* koja je tada prihvaćena kao DIN i kao HRN. Tehničku specifikaciju za sustave za hlađenje *HRS CEN/TS 14816:2018* prihvatili su i DIN i HZN. Prihvaćanje svake nove norme od strane nacionalnog normizacijskog tijela ujedno znači i povlačenje stare norme. Razlog zbog kojeg donosilac *PZT-a*, MUP RH, nije revidirao *PZT*, autoru nije poznat.

Gledajući s načelne razine, *PZT* odstupa i od tzv. „novog pristupa“ tehničkom zakonodavstvu u EU, gdje se propisi odnose općenito na bitne elemente zaštite zdravlja i sigurnosti ljudi, životinja i okoliša, dok se definiranje tehničkih detalja proizvoda, usluga, sustava itd. prepušta normama koje se u pravilu koriste dobrovoljno (*Plavi vodič o provedbi..., 2016., Metode upućivanja..., 2002., Buntak et al., 2013.*). Prihvaćanje „novog pristupa“ bila je jedna od obveza RH prilikom pristupa u članstvo EU-a.

S načelne strane, također, u *PZT-u* nisu definirani pojmovi kao što su npr.: teška i srednja pjena,

razlika između stabilnih, polustabilnih i mobilnih sustava itd. Velika većina suvremenih propisa i normi započinje upravo s definiranjem pojmova, čime se izbjegavaju nejasnoće.

Članak 96. PZT-a

Zahtjev je da od aktiviranja sustava za gašenje požara do izlaska pjene na najudaljenijem mjestu predaje pjene ne smije proći više od 10 minuta, te da od aktiviranja sustava za hlađenje do početka polijevanja spremnika (hlađenja) na najudaljenijem mjestu ne smije proći više od 5 minuta.

Nije dvojbeno da je hitro uspostavljanje gašenja pjenom pozitivno, no izlazak pjene iz sustava za gašenje unutar 10 minuta moguće je pouzdano ostvariti jedino stabilnim sustavima. Time PZT automatski diskreditira polustabilne sustave, a posebno mobilne sustave gašenja pjenom i hlađenja vodom, iako s takvim sustavima ima dobrih iskustava u svijetu. Ovako strogo vremenski definiranih zahtjeva, pa čak niti preporuka u tom smislu, nema niti u jednoj od relevantnih europskih ili američkih normi ili preporuka.

Članak 97. PZT-a

Zahtjev je da sustav za hlađenje omogući hlađenje spremnika koji gori, kao i hlađenje svih susjednih spremnika na udaljenosti od 2D od plašta spremnika koji gori.

Sustav za hlađenje spremnika je dobrodošla instalacija u slučaju požara, no osnovno je pitanje što i koliko treba hladiti. Gornji zahtjev je vrlo neprecizan: traži li se isključivo stabilni sustav hlađenja (cijevni prsten s mlaznicama) ili je dopušten i mobilni sustav (hlađenje monitorima s vodom), mora li se osigurati protok vode za istovremeno hlađenje svih susjednih spremnika na udaljenosti od 2D (pretpostavljajući da je D promjer spremnika koji gori), ili je dopušteno osigurati protok vode za pojedinačno konsekutivno hlađenje susjednih spremnika. Ovaj zahtjev se u praksi najčešće tumači kao istovremeno hlađenje svih susjednih spremnika na udaljenosti od 2D stabilnim sustavima, što dovodi do nepotrebno velikih protoka vode i s time povezanih neopravdanih troškova gradnje. Suprotno tome treba istaknuti da sve relevantne svjetske preporuke ističu potrebu za što manjim hlađenjem spremnika, odnosno hla-

đenjem samo onih površina susjednih spremnika koje su zagrijane znatno iznad temperature isparavanja vode. Tako API 2021-2001 navodi da:

- pretjerana upotreba vode smanjuje tlak i količinu vode za gašenje, pa može uzrokovati preopterećenje odvodnih kanala i poplavu,
- poplava zaštitnog bazena može dovesti do podizanja praznog ili skoro praznog spremnika iz temelja,
- vodu za hlađenje treba pažljivo upotrebljavati, pa da iako vatrogasci obično hlade sve susjedne spremnike, to uglavnom nije potrebno i može loše utjecati na gašenje spremnika,
- hlađenje susjednih spremnika je potrebno jedino ako postoji direktan kontakt spremnika s plamenom ili ako je toplina zračenja oštetila boju,
- ako test špricanja vodom (tj. isparavanje vode) pokaže potrebu za hlađenjem, oscilirajućim je monitorima potrebno hladiti plašt i krov spremnika.

API 2030-2013 slično navodi da vertikalni atmosferski spremnici u pravilu ne zahtijevaju fiksnu zaštitu raspršenom vodom, te da bi projektanti pri analizi zaštite takvih spremnika od vanjskog požara trebali znati da je rashladna voda potencijalni benefit jedino na izloženim dijelovima krova i na onim dijelovima plašta koji nisu u kontaktu s tekućim sadržajem (one koji su u kontaktu hladi gorivo s druge strane). Preporučena gustoća upotrebe je 4,1 L/m²min štićene površine (API 2030-2013).

The atmospheric storage tank - Technical frame of reference (2018.) navodi da:

- velika većina naftnih kompanija ne predviđa stabilne sustave raspršene vode na spremnicima, osim ako je međusobna udaljenost manja od minimalno preporučene,
- uobičajena praksa je predviđanje hlađenja monitorima s razine zemlje,
- pretjerana upotreba rashladne vode može uzrokovati probleme (isto u - *The atmospheric storage tank - Technical frame of reference, 2018.*) – voda akumulirana u zaštitnom bazenu zauzima prostor predviđen za zadržavanje goriva razlivenog iz spre-

mnika, a tu vodu treba zadržati i tretirati. Spominju se i slučajevi kad su mali i skoro prazni spremnici zaplivali na vatrogasnoj vodi u zaštitnom bazenu,

- za praksu preporučuje da se rashladna voda upotrebljava jedino ako se njezinom upotrebom stvara para na krovu ili plaštu spremnika, kao i naknadno ponavljanje testa isparavanja (prema NFPA).

Model Code of Safe Practice Part 19 (2012.) navodi:

- pretjerana upotreba vatrogasne vode može uzrokovati prijenos naftnih derivata izvan zaštitnog bazena i preopterećenje naprava za tretman otpadne vode,
- pitanje stabilnog sustava rashladne vode treba razmotriti ako je vjerojatno da će spremnik biti izložen toplinskom zračenju većem od 32 kW/m^2 ,
- općenito, hlađenje može biti potrebno u nekoj fazi, ali se to lako može riješiti prijenosnim monitorima,
- do sada nije zabilježen slučaj trganja spremnika koji bi u uvjetima požara uzrokovao ispuštanje goriva ako rashladna voda nije korištena na plaštu. Suprotno tome, bilo je primjera gdje je neravnomjerna upotreba vode uzrokovala distorziju spremnika i gubitak sadržaja,
- rashladna vode može pomoći za potpuno gašenje u kasnijoj fazi požara, tako što će olakšati brtvljenje pjene do plašta,
- gustoća upotrebe vode od $2 \text{ L/m}^2\text{min}$ je normalno dovoljna za zaštitu od toplinskog zračenja (*Model Code of Safe Practice Part 19, 2012., HSE:HGS 176, 2015., Marsh-risk engineering position paper..., 2011., Home Office: Fire Service Manual, 2005.*),
- jedan veliki problem s požarima spremnika u prošlosti bila je nepotrebna i pretjerana upotreba vode na spremnike izložene zračenju i goruće spremnike. Konsenzus na osnovi iskustva kaže da ako je spremnik projektiran prema API 650 (2012.), ili ekvivalentnom standardu (tj. *HRN EN 14015:2005*), njega ne treba hladiti, osim, možda da pomogne da pjena zabrtvi prema vrućem plaštu spremnika u konačnoj fazi požara.

Na kraju treba dodati da se toplinsko zračenje gorućeg spremnika za slučaj bez vjetra može relativno jednostavno izračunati prema Shokry-Beyler relaciji i prema Point source modelu (*Beyler, 2002., AIChE Guidelines for Fire Protection in..., 2003.*), pa bi takav proračun trebala sadržavati svaka procjena rizika odnosno projekt vatrozaštite skladišta zapaljivih tekućina.

Članak 98. PZT-a

Zahtjev je da se nadzemni spremnici za zapaljive tekućine I. i II. skupine štite od požara sustavom za gašenje, sustavom za hlađenje i hidrantskom mrežom, a nadzemni spremnici za zapaljive tekućine III.A sustavom za hlađenje i hidrantskom mrežom.

Primjedbe na sustave za hlađenje dane su u gornjoj točki.

Članak 100. PZT-a

Spomenuti članak zahtijeva:

1. Za gašenje spremnika sa čvrstim krovom promjera do 20 m, protok vode mora iznositi $6,6 \text{ L/m}^2\text{min}$ tlocrtne površine spremnika ako se koristi teška pjena za gašenje.
2. Za gašenje spremnika sa čvrstim krovom promjera do 20 m, protok vode mora iznositi $3 \text{ L/m}^2\text{min}$ tlocrtne površine spremnika ako se koristi srednja pjena za gašenje s tim da broj opjenjenja ne smije prijeći 100.
3. Kod većih spremnika od onih iz stavaka 1. i 2. ovog članka po metru povećanja promjera spremnika protok vode se povećava za $0,2 \text{ L/m}^2\text{min}$ tlocrtne površine spremnika.
4. Za gašenje spremnika s plivajućim krovom protok vode mora iznositi $6,6 \text{ L/m}^2\text{min}$ tlocrtne površine prstena koji oblikuju plašt spremnika i brana za zadržavanje pjene ako se koristi teška pjena za gašenje.
5. Za gašenje spremnika s plivajućim krovom protok vode mora iznositi $3 \text{ L/m}^2\text{min}$ tlocrtne površine prstena koji oblikuju plašt spremnika i brana za zadržavanje pjene ako se koristi srednja pjena za gašenje s tim da broj opjenjenja ne smije prijeći 100.

6. Spremnike s plivajućim krovom bez brane za zadržavanje pjene treba promatrati kao spremnike sa čvrstim krovom.
7. Brana prstena iz stavka 4. ovog članka ne smije biti niža od 0,3 m iznad brtve i ne bliže od 1 m od plašta spremnika.
8. Brana prstena iz stavka 5. ovog članka treba biti 1 m iznad brtve i ne bliže 1 m od plašta spremnika.

Norma *HRN EN 13565-2:2009/Ispr.2:2011* za sustave s pjenom u uvodu navodi da:

- primjenu njezinih zahtjeva treba povjeriti isključivo kvalificiranim i iskusnim osobama,
- odnosi se samo na nove sustave, a ne na postojeće sustave pjene,
- prije izbora i projektiranja sustava s pjenom treba napraviti procjenu rizika, što je izvan opsega ove norme,
- primjene sustava s pjenom mogu biti različite, pa se tako niti jedna vrsta sustava s pjenom ne može propisati,
- kod tipičnih upotreba različitih sustava s pjenom za spremnike zapaljivih tekućina navodi se jedino teška pjena, dok se srednja i laka isključuju kao prikladne,
- kod tipičnih upotreba različitih sustava s pjenom za sabirne prostore, navode se teška i srednja pjena, a laka pjena jedino za tekući naftni plin i tekući prirodni plin (na otvorenom prostoru).

Istodobno se teška i srednja pjena ne navode kao tipični primjeri upotrebe za tekući naftni plin i tekući prirodni plin (na otvorenom prostoru), jer zbog znatnog sadržaja vode pomaže isparavanju kriogene tekućine (pojačavaju uplivanje).

HRN EN 13565-2 (2011.) daje sljedeću relaciju za izračun minimalne gustoće primjene otopine pjene (q) za tešku i srednju pjenu:

$$q = q_{th} \cdot f_c \cdot f_o \cdot f_H \text{ (L/m}^2\text{min)},$$

pri čemu je:

q_{th} - nominalna (teoretska) gustoća primjene otopine pjene (4 L/m²min)

f_c - korekcijski faktor za klasu pjenila u skladu s *EN 1568*

f_o - korekcijski faktor za vrstu objekta

f_H - korekcijski faktor za udaljenost mlaznice, samo kod "deluge" sustava na otvorenom prostoru.

Izračunate gustoće primjene (q) smatraju se gustoćama na izlazu iz uređaja za nanošenje pjene i uzimaju u obzir moguće gubitke pri nanošenju (*NFPA 11* daje gustoće primjene na površini zapaljive tekućine i ne uzima u obzir gubitke pri nanošenju, zbog čega se pri korištenju monitora dodaje 60 %).

Vrijednost faktora f_c za gašenje tekućina veće dubine (spremnika i sl.) teškom pjenom iznosi 1 za pjenila klase 1A i 2A, dok je za pjenila nižih klasa veća (1,1 za pjenila klase 1B i 2B; 1,25 za klase 1C i 2C). To znači da projektanti i korisnici trebaju već u početku odlučiti koje će pjenilo upotrebljavati, jer ako se projekt napravi za klasu pjenila 1A ili 2A, može se dogoditi da pumpe, cjevovodi i oprema za stvaranje pjene ne budu dostatni za npr. pjenilo klase 1C. Pjenila klasa 1D/2D/3B/3C/3D ne preporučuju se za ovu namjenu.

Vrijednost faktora f_o pri gašenju spremnika ovisi o promjeru (D_R) i vrsti spremnika, tj. gasi li se otvoreni spremnik s plivajućim krovom (gašenje cijele površine goriva ili samo brtvenog prstena);

spremnik sa čvrstim koničnim krovom; pokriveni spremnik s plivajućim krovom (gašenje cijele površine goriva ili samo brtvenog prstena). Gustoće primjene uzevši u obzir faktor f_o prikazane su u Tablici 1.

Tablica 1. Minimalne gustoće primjene otopine za gašenje spremnika pjenom (L/m²min)*

Table 1. Minimum application rates of fire extinguishing foam solution for tanks (L/m²min)

Vrsta gašenja	NFPA 11	HRN EN 13565-2*	PZT
Čvrsti konični krov (komore odozgo)	4,1 po cijeloj površini	4,0 → $D_R < 45$ m 5,0 → $45 < D_R < 60$ m 6,0 → $D_R > 60$ m po cijeloj površini	6,6 L/m ² min plus 0,2 L/m ² min za svaki dodatni m D_R ako je $D_R > 20$ m
Čvrsti krov (monitori)	6,5 po cijeloj površini, efektivno na površinu goriva	10,0 → $D_R < 45$ m 11,0 → $45 < D_R < 60$ m 12,0 → $D_R > 60$ m po cijeloj površini	Nije definirano
Plivajući krov (odobren, čelični)	12,2 na kružni prsten	12,0 na kružni prsten	6,6 na kružni prsten

*Ove gustoće primjene vrijede za pjenila klase 1A i 2A. Ako se upotrebljavaju pjenila nižih klasa, gustoće treba korigirati s faktorom $f_c > 1$ (1,1 za pjenila klase 1B i 2B; 1,25 za klase 1C i 2C).

Svi izračuni sustava pjene u svijetu uvijek se zasnivaju na gustoći primjene otopine pjene u L/m²min, no *PZT* nigdje ne govori o otopini pjene, nego samo o protoku vode. Otopina pjene je voda kojoj je dodano pjenilo (uobičajeno 6 %, 3 % ili 1 %), što znači da ispravno priređena otopina, neovisno o % doziranja nekog pjenila, daje isti učinak gašenja. Kako proizvođači pjenila to postižu, nije predmet ove analize. Što su autori *PZT-a* imali u vidu kad su model izračuna sustava pjene temeljili na vodi, nije poznato.

PZT očito ne vodi računa o klasi pjenila, a gustoće primjene od minimalnih 6,6 L/m²min i više za spremnike sa čvrstim krovom promjera >20 m očito su pretjerane za stabilne sustave s komorama odozgo. Ako se za primjer uzme tipični spremnik sa čvrstim krovom promjera svega 42 m, potrebna gustoća primjene najkvalitetnije pjene prema

HRN EN 13565-2 (2011.) iznosi 4 L/m²min, dok prema *PZT* iznosi čak 11 L/m²min, što znači da instalacija mora biti skoro 3 puta veća. Pod instalacijom se ovdje smatraju izvor vode, pumpe, cjevovodi, ventili, komore za pjenu, količina pjenila i sva prateća oprema.

U točkama 2. i 5. *PZT* predviđa mogućnost gašenja spremnika srednjom pjenom. Nejasno je kako bi se srednja pjena uopće mogla upotrebljavati za gašenje spremnika, neovisno o tome ima li spremnik čvrsti ili plivajući krov, jer takve opreme i takvih primjera nema nigdje u svijetu. HRN EN 13565-2 (2011.) i NFPA 11:2016 uopće ne predviđaju mogućnost gašenja spremnika srednjom pjenom. U odnosu na to bespredmetno je komentirati zahtjev iz točke 5 da gustoća primjene treba biti 3 L/m²min, kao i zahtjev iz točke 8.

Za gašenje prstenaste brtve spremnika s plivajućim krovom, *PZT* zahtijeva gustoću primjene vode od 6,6 L/m²min, dok *HRN EN 13565-2* (2011.) za najkvalitetnija pjenila klase 1A i 2A traži 12 L/m²min otopine pjene (uz korekcije s već spomenutim faktorom f_c za niže klase), što je gotovo 2 puta više. Budući da i NFPA 11:2016 traži sličnu gustoću (12,2 L/m²min), učinkovitost gašenja sustava projektiranog prema *PZT-u* je vrlo upitna.

U točki 7, *PZT* traži da visina brane za pjenu plivajućeg krova bude najmanje 0,3 m iznad brtve i najmanje 1 m od plašta spremnika. Za razliku od toga, HRN EN 13565-2 (2011.) traži da brana za pjenu bude visine najmanje 0,6 m, udaljena od plašta najmanje 0,6 m i najmanje 50 mm iznad bilo kojeg zapaljivog dijela brtve. API 650 (2012.) pak traži da brana za pjenu bude udaljena od plašta 300-600 mm, te da joj visina bude najmanje 300 mm.

Članak 101. PZT-a

Spomenuti članak zahtijeva:

- U točki 1: da se potrošnja pjenila izračunava iz protoka vode i postotka primješavanja, što ponovno upućuje na zamjenu termina otopina pjene i voda, navedenu u komentaru na čl. 100.
- U točkama 2 i 3: da ukupna pričuva pjenila bude dvostruka količina potrebna za

gašenje najvećeg pojedinačnog spremnika ili sabirnog prostora u trajanju od 30 minuta, te da pričuva mora osigurati neprekidan rad sustava za gašenje. HRN EN 13565-2 (2011.) za gašenje komorama odozgo traži vrijeme primjene od 60 minuta za sve spremnike sa čvrstim krovom, a 20 minuta za spremnike s plivajućim krovom (Tablica 2). Glede pričuve HRN EN 13565-2 (2011.) navodi samo da „pričuvna količina pjenila mora biti na raspolaganju za reaktiviranje sustava pjene u skladu s procjenom rizika na određenom prostoru“.

Članak 102. PZT-a

U točkama 1 i 2 zahtijeva se da za gašenje sabirnih prostora nadzemnih spremnika protok vode iznosi 3 L/m²min ako se upotrebljava teška pjena, te 2 L/m²min ako se koristi srednja pjena. Suprotno tome, HRN EN 13565-2 (2011.) za sabirne prostore traži gustoću primjene od 4 do 5 L/m²min, ovisno o njihovoj veličini, uz primjenu korekcijskog faktora $f_c > 1$ ako se upotrebljava pjena niže klase kvalitete (Tablica 3).

Posljednjih godina operateri velikih skladišta zapaljivih tekućina počinju graditi sustave za gašenje požara sabirnih prostora. Nesporno je da su veliki požari sabirnih prostora spremnika rijetki, no njihova velika površina predstavlja poseban izazov u slučaju izlivanja veće količine tekućine iz spremnika. To se najbolje može vidjeti na sljedećem primjeru.

Spremnik sirove nafte promjera oko 73 m, volumena oko 70.000 m³ može imati sabirni prostor površine gotovo 20.000 m², no danas postoje i spremnici zapaljivih tekućina promjera većeg od 100 m. Za gašenje takvog prostora PZT traži gustoću primjene srednje pjene od 2 L/m²min, dok HRN EN 13565-2 (2011.) traži 5 L/m²min. Prema PZT-u, protok otopine pjene trebao bi biti 40.000 L/min, a prema HRN EN 13565-2 (2011.) čak 100.000 L/min, što sa 3 % doziranjem daje odgovarajuće protoke pjenila od 1200 L/min odnosno 3000 L/min. Uzevši u obzir vrijeme primjene pjene od 30 min (HRN EN 13565-2, 2011.), može se lako izračunati da umjesto 36.000 L (prema PZT-u), na raspolaganju mora biti 90.000 L pjenila, odgovarajuća količina opreme za njezinu primjenu, kao i vode. Projekt zasnovan na PZT-u naravno će biti znatno jeftiniji, no postavlja se pitanje uspješnosti takve instalacije u slučaju katastrofalnog izlivanja sadržaja spremnika koja je dimenzionirana na svega 40 % gustoće primjene tražene prema HRN EN 13565-2 (2011.). Gašenje požara u velikim sabirnim prostorima pomoću mobilne ili fiksne opreme moguće je i tzv. „sekcijskim ili kvadrantnim pristupom“ (API 2021- 2001., *The atmospheric storage tank, 2018., Model Code of Safe Practice...*, 2012., IFIF, 2009., *Lastfire, 2016.*) koji traži manje protoke (približno 1/4), no za takav pristup potrebno je razviti posebne procedure i osigurati odgovarajuću opremu i potuku operatera.

Tablica 2. Minimalno vrijeme djelovanja sustava za pjenu na spremnicima (minute)

Table 2. Minimum operating times of foam systems on tanks (minutes)

Vrsta gašenja	NFPA 11	HRN EN 13565-2*	PZT
Komore, čvrsti krov benzin i sl. (plamište < 38 °C)	55	60	30 + 30 (pričuva)
Komore, čvrsti krov dizel i sl. (plamište 38-60 °C)	30	60	30 + 30 (pričuva)
Monitori, čvrsti krov benzin i sl. (plamište < 38 °C)	65	$D_R < 45 \text{ m} \rightarrow 60 \text{ min}$ $D_R > 45 \text{ m} \rightarrow 90 \text{ min}$	30 + 30 (pričuva) (?)
Monitori, čvrsti krov dizel i sl. (plamište 38-60 °C)	50	$D_R < 45 \text{ m} \rightarrow 60 \text{ min}$ $D_R > 45 \text{ m} \rightarrow 90 \text{ min}$	30 + 30 (pričuva) (?)
Komore, pokriven (priznati) plivajući krov	20	20	30 + 30 (pričuva)
Komore, priznat plivajući krov (otvoren, bez čvrstoga)	20	20	30 + 30 (pričuva)

*Ako se spremnici s plivajućim krovom gase monitorima, računa se na gašenje čitave površine goriva, jednako kao kod spremnika sa čvrstim krovom (kod pokrivenih spremnika samo ako krova nema).

Tablica 3. Minimalne gustoće primjene otopine pjene i vremena djelovanja za gašenje sabirnih prostora**Table 3. Minimum foam application rates and operating times for bund areas**

		NFPA 11	HRN EN 13565-2*	PZT
Vrsta gašenja	Površina razlivena/ sabitnog prostora (m ²)	Min. gustoća; vrijeme djelovanja	Min. gustoća; vrijeme djelovanja	Min. gustoća; vrijeme djelovanja
Teška pjena, stabilni ili mobilni sustav (komore)	400 - 2000	4,1 L/m ² min; 30 min.	4 L/m ² min; 45 min.	3 L/m ² min; 30 + 30 min. (pričuva)
	> 2000		5 L/m ² min; 45 min.	
Srednja pjena, stabilni ili mobilni sustav (generatori)	400 - 2000		4 L/m ² min; 30 min.	2 L/m ² min; 30 + 30 min. (pričuva)
	> 2000		5 L/m ² min; 30 min.	
Neaspirirana pjena, monitori	400 - 2000	6,5 L/m ² min; 30 min.	9 L/m ² min; 45 min.	3 L/m ² min (?); 30 + 30 min. (pričuva)
	> 2000		10 L/m ² min; 60 min.	
Aspirirana pjena, monitori	400 - 2000		8 L/m ² min; 45 min.	3 L/m ² min (?); 30 + 30 min. (pričuva)
	> 2000		9 L/m ² min; 60 min.	

*Ove gustoće primjene vrijede za pjenila klase 1A i 2A. Ako se upotrebljavaju pjenila nižih klasa, gustoće treba korigirati s faktorom $f_c > 1$ (1,1 za pjenila klase 1B i 2B; 1,25 za klase 1C i 2C).

U točki 3 *PZT* traži se da protok vode za gašenje sabirnih prostora u obliku prstenastog plašta od čelika bude 6,6 L/m²min. To je u koliziji s HRN EN 13565-2 (2011.), gdje se gašenje takvih sabirnih prostora (tipa spremnik u spremniku) tretira na isti način kao gašenje spremnika sa čvrstim krovom.

Zahtjevi u točkama 4 i 5 također su nejasni i u koliziji su s prethodnim člancima koji tretiraju gašenje sabirnih prostora, jer se na neki način neopravdano izjednačavaju stabilni, polustabilni i mobilni sustavi. Također treba istaknuti da traženi protok topa od 200 L/min imaju najmanje uobičajene ručne mlaznice, dok topovi za pjenu normalno imaju protok od najmanje 800-1000 L/min.

Članak 103. *PZT*-a

Za hlađenje plašta spremnika, *PZT* u točki 1 zahtijeva protok od 1 L/m²min za spremnike promjera do 20 m, 0,67 L/m²min za spremnike promjera preko 80 m, a za promjere između ovih dvaju, protok se određuje linearnom interpolacijom. U točki 2 zahtijeva se stabilna instalacija za hlađenje s prstenastim vodom i mlaznicama, što

podrazumijeva da hlađenje oscilirajućim monitorima, uobičajeno i preporučeno u svijetu, nije prihvatljivo. To potkrepljuje i točka 5, gdje se dopušta da se prstenasti vod podijeli na segmente od najmanje 120°. Jednaki protoci specificirani su i za hlađenje prstenastog plašta, ako je sabirni prostor izveden kao spremnik oko spremnika.

Za hlađenje krova spremnika sa čvrstim krovom, *PZT* u točki 3 zahtijeva protok od 0,6 L/m²min, no navodi da to nije bezuvjetno.

Ovi zahtjevi približno su 10 % manji od zahtjeva za hlađenje plašta u HRS CEN/TS 14816:2018, gdje se navodi i relacija za izračun gustoće primjene rashladne vode za spremnike promjera 20-80 m:

$$\text{gustoća primjene} = 1,114 - 0,0057 D_R \text{ (L/m}^2\text{min)},$$

pri čemu je D_R promjer spremnika (m). Za spremnike promjera manjeg od 20 m, gustoća je 1,114 L/m²min, a za one veće od 80 m, gustoća je 0,66 L/m²min.

Razlika između njih znatno je veća pri hlađenju krova, jer je gustoća primjene vode u HRS CEN/TS 14816:2018 jednaka za krov i za plašt,

što autor smatra posve opravdanim. Za razliku od plašta, krov naime nikad nije hlađen tekućinom s unutarnje strane, a izloženost krova zračenju od požara susjednog spremnika nije ništa manja od izloženosti plašta.

Kod spremnika koji sadrže zapaljive tekućine sklone polimeriziranju, rastvaranju i tekućina I.A skupine, *PZT* zahtijeva udvostručenje gustoća primjene. Slično tome, HRS CEN/TS 14816:2018 zahtijeva dvostruke gustoće primjene pri skladištenju materijala koji polimeriziraju ili se raspadaju zagrijavanjem.

U članku 104., *PZT* navodi povučene norme HRN DIN 14493 dio 1, 2, 3 i 4 i HRN DIN 14495 kao obvezne za primjenu.

Članak 105. *PZT-a* govori o obveznom mjesečnom i godišnjem ispitivanju ispravnosti sustava za gašenje i hlađenje, što je svakako dobro, ali je pitanje poštuje li se to u praksi. Zbog štednje pjenila i/ili nedostataka u konstrukciji komora za pjenu, ispitivanje se često izvodi samo vodom, što ne osigurava dovoljnu pouzdanost sustava gašenja pjenom.

U članku 107. *PZT* traži određivanje količine vode za sustav za gašenje, sustav za hlađenje, hidrantsku mrežu itd. prema povučenom TRbF 100 (2018.).

POKRIVENI SPREMNICI S PLIVAJUĆIM KROVOM

Posljednjih 10-ak godina u RH i okolnim zemljama postali su popularni pokriveni spremnici s plivajućim krovom. Neki od njih grade se kao novi, a neki se postojeći spremnici sa čvrstim krovom rekonstruiraju tako da im se dodaje plivajući krov, a stari čelični konični krov zamjenjuje „geodetskom“ kupolom. Zbog izbjegavanja korozije čeličnog plivajućeg krova, danas su češći lagani plivajući krovovi od aluminija ili plastičnih masa (stakloplastika). Tako opremljeni spremnici imaju znatne ekološke i ekonomske prednosti (smanjeno isparavanje tekućine, manji su gubici goriva, manje zagađenje okoliša isparavanjima, nema problema s oborinskom vodom), kao i bolju požarnu sigurnost (frekvencija požara je manja – *API 650*, 2012.). Ipak, s gledišta vatrozaštite,

problem je u tome što su i „geodetska“ kupola i plivajući krov u pravilu izrađeni od vrlo tanakog aluminijskog lima (*The atmospheric storage tank...*, 2018.), čija konstrukcija je tako nježna, da se po njima može hodati jedino po ojačanim dijelovima. Takve konstrukcije relativno su jeftine i udovoljavaju svim zahtjevima osim zahtjevima sigurnosti pri požaru. *API 2021-2001* navodi da se važnost inherentne plovnosti krova ne može prenaglasiti. Da bi se dobila požarno sigurna konstrukcija plivajućeg krova, koja pri požaru neće potonuti, potrebno je da isti bude:

- dvostruki čelični, ili
- čelični pontonski, ili
- s potpunim kontaktom površine s tekućinom, sačaste konstrukcije sa zatvorenim ćelijama ili metalne konstrukcije u skladu s *API 650* (*HRN EN 13565-2*, 2011., *NFPA 11:2016.*, *API 2021-2001*, *API-650*, 2012.).

U svim ostalim slučajevima, sustav gašenja pjenom mora se projektirati za gašenje cjelokupne površine spremnika, kao kod spremnika s koničnim krovom. Iskustvo autora s nizom postojećih pokrivenih spremnika s plivajućim krovom pokazuje da isporučitelji takvih konstrukcija i projektanti obično predviđaju samo gašenje brtvenog prstena između plašta spremnika i brane za pjenu, što je u suprotnosti s izričitim zahtjevima *HRN EN 13565-2* (2011.) i *NFPA 11:2016*. Iako je učestalost požara pokrivenih spremnika s plivajućim krovom niska, njihovo je gašenje vrlo nezgodno i osjetljivo. Ako je uzrok požara paljenje para sakupljenih u zatvorenom prostoru iznad plivajućeg krova, gotovo je sigurno da će geodetska kupola odletjeti u zrak, a nježan plivajući krov će vjerojatno potonuti. Ako eksplozije nije bilo, gorenje brtve ispod krova se teško detektira, a kad se detektira, vrlo je teško uvesti pjenu, osim putem stabilnog sustava (*API 2021-2001*). Požar koji nije detektiran i ugašen u početnoj fazi vjerojatno će uzrokovati potonuće nježnog plivajućeg krova i rušenje geodetskog krova, što će dovesti do požara cijele površine spremnika (*Shelley*, 2008.). U uvjerenju da imaju pouzdanu stabilnu instalaciju pjene, velika većina operatera nema dovoljne količine pjenila, vode, mobilne opreme i ljudi potrebnih za gašenje cjelokupne površine takvih spremnika. Stoga je vrlo vjerojatno da će takav požar biti nemoguće ugasiti i da će vatrogasci u

najboljem slučaju biti u stanju zaštititi susjedne spremnike od prenošenja požara. Vertikalna brzina izgaranja benzina iznosi oko 0,27 m/h, a sirove nafte 0,093-0,19 m/h (*Babrauskas, 1990.*), odnosno 2-4 mm/min (*Model Code of Safe Practice...*, 2012.). Trajanje požara prosječnog spremnika punog benzina, visine npr. 15 m, bit će stoga oko 55 h, a sirove nafte 80-160 h. Analiza mogućih posljedica takvog požara, eventualnog širenja na druge susjedne spremnike, ekološkog zagađenja zraka, vode i tla, te mogućih posljedica na ugled operatera je izvan opsega ovoga rada. Ipak, ozbiljna procjena rizika morala bi obuhvatiti i takvu mogućnost kao „worst case scenario“, što uključuje i strategiju odgovora odobrenu od strane uprave i inspekcije.

VOLUMEN SABIRNOG PROSTORA

U *PZT-u* navodi se obveza izgradnje sabirnog prostora spremnika, što je zapravo građevina koja služi za sekundarno zadržavanje zapaljive tekućine koja bi mogla isteći iz spremnika. Budući da se u *PZT-u* ne navodi način određivanja volumena sabirnog prostora, njihov volumen za jedan spremnik obično se određuje tako da bude jednak korisnom volumenu spremnika. Pritom se zaboravlja da sabirni prostor treba zadržati i oborinsku vodu, vodu od hlađenja spremnika, te pjenu od gašenja požara. Uobičajeni i danas često već napušteni pristup tome je tzv. pravilo 110 % ili 25 %. To znači da volumen sabirnog prostora mora biti 110 % volumena spremnika (za jedan spremnik) odnosno 110 % volumena najvećeg spremnika ili 25 % ukupnog volumena svih spremnika u sabirnom prostoru (ovisno o tome što je veće); (*Walton, 2004.*, *HSE:HGS 176, 2015.*, *Ciria report C736...*, 2018.). Zadržavanje ispuštenog goriva, zagađene vode i pjene u sabirnom prostoru je iznimno važno, jer nekontrolirano prelijevanje može raširiti požar, a ekološke štete mogu mnogostruko premašiti materijalne štete od požara. Primjer poznatog požara u Buncefieldu, koji je buknuo 11.12.2005. i čije je gašenje trajalo 59 sati, pokazao je da su štete od požara bile mnogostruko manje od ukupnih šteta, čiji je iznos premašio milijardu GBP (*Allen, 2011.*).

NAJGORI SLUČAJ (WORST CASE)

Požar spremnika je kompleksan događaj. Strategija odgovora na nj može biti pasivna, defanzivna ili ofenzivna (*API 2021-2001, IFIF, 2009.*). Ipak, *PZT* se ne dotiče procjene rizika, pa tako niti analize najgoreg slučaja. U skladu s time može se realistički pretpostaviti da operateri skladišta zapaljivih tekućina, čije su vatrozaštitne instalacije izgrađene u skladu s njegovim zahtjevima, smatraju da će takve instalacije u slučaju požara ispuniti svoju funkciju i ugasiiti požar. No, operateri bi trebali postojeće instalacije dotjerivati u skladu s napretkom u tehnici i tehnologiji. Iako je možda teško ili čak nemoguće primijeniti sve nove preporuke, na postojećim instalacijama trebalo bi primijeniti barem one mjere koje su „razumno prikladne“, uzimajući u obzir rizike i moguće troškove (*HSE:HGS 176, 2015.*). Neki operateri traže daljinski upravljane ventile za aktiviranje stabilnih instalacija koje žele povezati s vatrodajavnim sustavom i time pritiskom na dugme riješiti eventualni požar. Budući da nijedna instalacija nije i ne može biti 100 % djelotvorna, može se realistički pretpostaviti da neki od požara neće biti ugašeni. Razlozi za neuspjeh gašenja mogu biti mnogobrojni: oštećenje komora za pjenu i/ili cjevovoda eksplozijom ili od topline požara, nedovoljno dimenzionirane ili korodirane instalacije, propusti prilikom održavanja ili ispitivanja, nekvalitetno pjeno ili njegova nedovoljna količina itd. Za takav slučaj treba imati rezervni plan (*KAS, 2007.*), tj. opciju zaštite susjednih spremnika i drugih objekata od širenja požara i prepuštanje opožarenog spremnika požaru ili pak plan gašenja mobilnim uređajima unutar razumnog razdoblja (npr. monitorima pjene velikog kapaciteta). Ti monitori, koje požar neće ugroziti, ne bi smjeli biti dio uobičajene vatrozaštitne instalacije (*Ramsden, 2016.*). Jedna od opcija primarnog ili rezervnog odgovora može biti i potpovršinsko uvođenje pjene, koje se pokazalo kao uspješno pri brojnim požarima (*API 2021-2001*). Prva opcija (burn down) znači uništenje opožarenog spremnika i njegova sadržaja, dok druga opcija zahtijeva velike monitore, dovoljan kapacitet hidrantske mreže ili velike mobilne pumpe, prikladnu rezervu vode, nekoliko puta veću rezervu pjenoila, značajan broj vatrogasaca itd. Ako

se za primjer opet uzme već spomenuti spremnik sa čvrstim krovom promjera 42 m, potrebna gustoća primjene najkvalitetnije pjene prema HRN EN 13565-2 (2011.) pomoću monitora iznositi će 10 L/m²min, a prema (*Model Code of Safe Practice...*, 2012.) najmanje 10,4 L/m²min, tj. 2,5 x više nego sa stabilnim sustavom. Pri gašenju monitorima dodaje se naime rezerva od 60 %, kako bi se osiguralo da na goruću površinu padne 6,5 L/m²min pjene (*Model Code of Safe Practice...*, 2012.). Za takvo gašenje bit će potrebno 13.855 L/min otopine pjene (416 L/min 3 % pjenila), a na raspolaganju mora biti gotovo 25.000 L dodatnog pjenila za 60 min. gašenja, odgovarajući monitori, ljudi i sve ostalo. Prema najboljem znanju autora, resursima za gašenje požara velikog spremnika mobilnim sustavom ne raspolaže niti jedan operater u RH niti u susjednim zemljama. Osiguravanje opreme i pjenila za takav slučaj na nacionalnoj razini ili na razini nekoliko operatera skladišta nafte i derivata je često politička odluka (*Ramsden, 2016.*) te nije predmet ovoga rada.

ZAKLJUČAK

U radu su analizirani nedostaci odjeljka III. 6.8. *Gašenje požara i hlađenje nadzemnih spremnika PZT-a* koji često rezultiraju nezadovoljavajućom razinom sigurnosti u slučaju požara velikih nadzemnih spremnika zapaljivih tekućina. Stoga se predlaže njegova revizija i usklađivanje s odgovarajućim hrvatskim normama (*HRN EN 13565-2, 2011., HRS CEN/TS 14816:2018*) ili inkorporiranje zahtjeva tih normi u *PZT*. Predlaže se istodobno riješiti pitanje postojećih vatrozaštitnih instalacija izvedenih prema *PZT-u*, kako bi se dobila zadovoljavajuća razina sigurnosti u slučaju požara, bilo kroz revidirani *PZT* ili na drugi način. Uz to bi operatere skladišta nafte i derivata trebalo uvjeriti da je nužno napraviti ozbiljnu procjenu požarnih rizika i scenarija kojima bi bili obuhvaćeni mogući ishodi za slučaj katastrofalnog požara. Ako analiza postojećih vatrozaštitnih instalacija i postupaka pokaže nedovoljnu razinu sigurnosti, uprave operatera trebale bi poduzeti akcije kojima će se iste korigirati ili priskrbiti dodatnu opremu i vatrogasne snage. Time bi se vatrozaštitne instalacije uskladile sa zahtjevima hrvatskih i europskih normi, a sigurnost velikih skladišta nafte i derivata podigla na primjerenu europsku i svjetsku razinu.

LITERATURA

AIChE Guidelines for Fire Protection in Chemical, Petrochemical & Hydrocarbon Processing Facilities, Chapter 5, Hire Hazard Analysis, Liquid or Pool fires, 2003.

Allen, B.: *Buncefield: Britain's £1 billion disaster*, Health + Safety at Work, 2011., dostupno na: <https://www.healthandsafetyatwork.com/content/buncefield-britain%E2%80%99s-%C2%A31-billion-disaster>, pristupljeno: 10.10.2018.

API 2021- 2001 Management of Atmospheric Storage Tank Fires

API 2030 - 2013 Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum and Petrochemical Industries

API 650 Welded Tanks for Oil Storage, 11th Ed., 2012.

Babrauskas, V.: *Burning rates*. In *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 1st Ed., 2nd imp., p 2.1-2.15, NFPA&SFPE, 1990.

Beyler, C.L.: *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Chapter 3-11 Fire Hazard Calculations for Large, Open Hydrocarbon Fires, 3rd ed., 2002.

Buntak, K., Droždek, I., Lepen, G.: Sukladnost tehničkih proizvoda i CE znak, *Tehnički glasnik*, 7, 2013., 4, p. 419-425.

Ciria report C736 containment systems, dostupno na: https://www.ciria.org/Resources/Free_publications/c736.aspx, pristupljeno: 18.9.2018.

Home Office: Fire Service Manual, Fire Service Operations, Firefighting Foam, vol. 2, 2005.

HRN DIN 14493 dio 1, 2, 3 i 4 (dio 1- sustavi pjene općenito, dio 2 - sustavi teške pjene, dio 3 – sustavi srednje pjene, dio 4 – sustavi lake pjene)

HRN DIN 14495:1998 Poprskavanje nadzemnih spremnika za uskladištenje zapaljivih tekućina u slučaju požara (DIN 14495:1977)

HRN DIN 14493-100:2004 Stabilni sustavi za gašenje pjenom - 100. dio: Zahtjevi i ispitivanje sustava za gašenje teškom i srednjom pjenom (DIN 14493-100:2002)

HRN EN 14015:2005 Specifikacija za projektiranje i izradu vertikalnih, valjkastih, s ravnim dnom, nadzemnih, zavarenih, metalnih spremnika za skladištenje tekućina na temperaturi okoline ili višoj, koji se izvode na gradilištu)

HRN EN 13565-2:2009/lpr.2:2011, Stabilni protupožarni sustavi - Sustavi s pjenom - 2. dio: Projektiranje, izvedba i održavanje (EN 13565-2:2009/AC:2010)

HRS CEN/TS 14816:2018 Stabilni protupožarni sustavi – Sustavi raspršene vode – Projektiranje, ugradnja i održavanje (CEN/TS 14816:2008)

HSE: HGS 176 Storage of flammable liquids in tanks, 2nd Ed., 2015.

IFIF, International Forum for Industrial Fire-fighting: Large Bund Fires Best Practices In Emergency Response, Nov. 2009.

KAS: 2nd Interim Report (3rd update September 2007) by the Working Group on Fuel Storage Sites (Arbeitskreis Tanklager, AK-TL) of the German Commission on Process Safety (Kommission für Anlagensicherheit, KAS), dostupno na: <https://www.kas-bmu.de/reports-in-english.html>, pristupljeno: 30.9.2018.

Lastfire: Bund fire testing literature review, Dec. 2016., dostupno na: http://hse.nipc.ir/uploads/bund_fire_testing_literature_review_may_2017.pdf, pristupljeno: 12.11.2018.

Marsh-risk engineering position paper - 01 atmospheric storage tanks, rev 1.0. Published: February 2011, dostupno na: <https://www.marsh.com/uk/insights/research/risk-engineering-position-paper-atmospheric-storage-tanks.html>, pristupljeno: 15.9.2018.

Metode upućivanja na norme u zakonodavstvu s naglaskom na europsko zakonodavstvo Europske zajednice, br. 5, Europsko povjerenstvo, 2002., dostupno na: <https://www.hzn.hr/UserDocsImages/Publikacije/EC5-2003.pdf>, pristupljeno: 20.9.2018.

Model Code of Safe Practice Part 19: Fire precautions at petroleum refineries and bulk storage installations, Energy Institute, London, 2012.

NFPA 11:2016 Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam

Persson, H., Lönnermark, A.: *Tank Fires – Review of fire incidents 1951-2003*, BRANDFORSK Project 513-021, SP Report 2004:14

Plavi vodič o provedbi pravila EU-a o proizvodima 2016., (2016/C 272/01), Europska komisija, dostupno na: ec.europa.eu/docsroom/documents/18027/attachments/1/translations/hr, pristupljeno: 16.7.2018.

Pravilnik o zapaljivim tekućinama, N.N., br. 54/99.

Ramsden, N.: Buncefield, recollections, lessons learned and effects on industrial practice, *Industrial Fire Journal*, 103, 2016, 1, 2016., p 24-30.

Shelley, C.H.: Storage Tank Fires: Is Your Department Prepared, *Fire Engineering*, Nov. 2008, p 63-78, dostupno na: <https://www.fireengineering.com/articles/print/volume-161/issue-11/features/storage-tank-fires-is-your-department-prepared.html>, pristupljeno 30.9.2018.

Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten TRbF 100 - Allgemeine Sicherheitsanforderungen, dostupno na: https://www.umwelt-online.de/recht/t_regeln/trbf/trbf100/100_ges.htm, pristupljeno 1.8.2018.

The atmospheric storage tank technical frame of reference (CIV02), dostupno na: <http://docplayer.net/2539392-Brandveiligheid-op-slagtanks-the-atmospheric-storage-tank-technical-frame-of-reference-civ02.html>, pristupljeno: 16.9.2018.

The atmospheric storage tank - Technical frame of reference (CIV02), dostupno na: <https://docplayer.net/2539392-Brandveiligheid-op-slagtanks-the-atmospheric-storage-tank-technical-frame-of-reference-civ02.html>, pristupljeno: 16.7.2018.

Walton, I.L.W.: *Containment systems for prevention of pollution – Secondary, tertiary and other measures for industrial and commercial premises*, CIRIA C736, London, 2014.

STUDY OF FIRE SAFETY OF PETROLEUM STORAGE TANKS IN CROATIA

SUMMARY: Section Fighting Fires and Cooling of Aboveground Tanks of the Croatian Ordinance on Flammable Liquids (OFL) is not in concert with the European and American standards and recommendations pertaining to this field of fire protection. OFL was published in 1999, but even at the time of its publication it was not in concert with the existing recommendations and good technical practice in the world. In the meantime, based on the requirements in OFL many designs have been made and firefighting systems built for tanks containing crude oil and liquid hydrocarbons both in Croatia and in the neighbouring countries established after disintegration of SFR Yugoslavia. Value and expected efficacy of these systems in case of fire is questionable. In the paper, main differences between OFL and European & Croatian standard Fixed Firefighting Systems - Foam Systems - Part 2: Design, Construction and Maintenance (EN 13565-2) have been shown. Some differences to the equivalent American standard NFPA 11:2016 Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam are also pointed out. Starting from 1922, NFPA 11 has undergone more than 20 revisions and has been frequently used as the basis for writing such standards all over the world. With respect to firefighting and cooling of aboveground tanks, relevant and world accepted standards API and relevant European publications and recommendations have also been consulted. Section Fighting Fires and Cooling of Aboveground Tanks of the Croatian OFL is wrong in conception, as it contains requirements for foam systems which are not precise enough or are even wrong, and overestimates water cooling requirements. Withdrawal and replacement by EN 13565-2:2009 and CEN/TS 14816:2008 Fixed Firefighting Systems -Water Spray Systems. Design and Installation. is proposed. Knowing that the existing systems in many cases do not warrant acceptable level of protection in case of fire, revision of all systems for foam firefighting and cooling of aboveground tanks for flammable liquids designed and constructed according to OFL is suggested. It is recommended that the volume of bunds is checked too, because their volume is mainly sufficient for the volume of the tank content only, but is not big enough for storing of rain water, cooling water and firefighting foam.

Key words: ordinance (regulations), flammable liquids, tanks, fire protection, firefighting foam

Original scientific paper

Received: 2018-11-22

Accepted: 2019-05-276